

## Utilização do lodo de esgoto para aplicação em concretos sem função estrutural

### Use of sewage sludge in concrete with no structural function

Maria Clara Coutinho Libraiz

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

E-mail: mariacoutinholibraiz@gmail.com

OrcID: <https://orcid.org/0009-0009-4441-9771>

Liliane rodrigues congro da rocha

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

E-mail: lilianerocha@ufgd.edu.br

OrcID: <https://orcid.org/0000-0002-5464-6398>

Recebido em: 2025-08-08

Aceito em: 2025-08-29

DOI: <https://doi.org/10.30612/ipsu.v1i1.19384>

**RESUMO** - O aumento populacional, das indústrias e comércios tem intensificado a geração de resíduos e a necessidade de soluções da engenharia civil. Um destes resíduos é o lodo de esgoto, gerado a partir do tratamento de esgotos, que possui potencial de contaminação do solo e das águas caso tenha o descarte incorreto. Apesar dos riscos, o lodo de esgoto apresenta um elevado potencial de reciclagem, com aplicação na engenharia civil na produção de concretos e argamassa. Para testar esta hipótese, o presente ensaio estudou a aplicação de amostra de lodo fornecida pela ETE Guaxinim, localizada na cidade de Dourados/MS, substituindo parcialmente o agregado miúdo na produção de concreto simples sem função estrutural. Após secagem em leitos por uma semana e posterior tratamento em estufa a 105°C, o lodo foi testado em concreto com substituição de 10% do agregado miúdo. Durante a produção, realizou-se o ensaio de abatimento do tronco de cone, seguido da moldagem dos corpos de prova. Os testes de absorção de água mostraram valores inferiores a 6% a partir do 14º dia, apesar da alta absorção do lodo. Contudo, os ensaios de resistência à compressão apresentaram resultados insatisfatórios, não alcançando a resistência mínima exigida para concretos sem função estrutural. Assim, a substituição de 10% do agregado miúdo pelo lodo de esgoto mostrou-se inviável para aplicação prática.

**Palavras-chave:** Engenharia Civil. Lodo de esgoto. Concreto.

**ABSTRACT** - The increase in population, industry and commerce has intensified the generation of waste and the need for civil engineering solutions. One of these wastes is sewage sludge, generated from sewage treatment, which has the potential to contaminate soil and water if disposed of incorrectly. Despite the risks, sewage sludge has a high recycling potential, with applications in civil engineering in the production of concretes and mortars. To test this hypothesis, this trial studied the application of a sludge sample supplied by the Guaxinim sewage treatment plant, located in the city of Dourados/MS, as a partial substitute for fine aggregate in the production of simple concrete with no structural function. After drying in beds for a week and subsequent treatment in an oven at 105°C, the sludge was tested in concrete with a 10% replacement of the fine aggregate. During production, the cone truncated slump test was carried out, followed by the molding of the test specimens. The water absorption tests

showed values of less than 6% from the 14th day onwards, despite the high absorption of the sludge. However, the compressive strength tests showed unsatisfactory results, failing to reach the minimum strength required for concrete with no structural function. Thus, replacing 10% of the fine aggregate with sewage sludge proved to be unfeasible for practical application.

**Keywords:** Civil Engineering. Sewage Sludge. Concrete.

## 1 INTRODUÇÃO

O ramo da Engenharia Civil está entre os setores de maior crescimento e importância atualmente, visto que o desenvolvimento das cidades e do aumento da população mundial intensificou a necessidade da construção civil, e consequentemente elevando o uso dos recursos naturais e a geração de resíduos (Masuero, 2021).

A produção dos resíduos gerados pela construção civil tornou-se uma temática cada vez mais estudada, com o foco, tanto na redução do lixo gerado, quanto no seu reuso nos setores da Engenharia Civil. Visto que esta é uma área com um enorme potencial de aplicação e de reciclagem de outros materiais, cada vez mais os estudos devem ser direcionados à reciclagem de resíduos (Masuero, 2021).

Com o crescimento das cidades e indústrias a geração de esgoto acaba sendo proporcional, elevando cada vez mais os resíduos gerados a partir de seu tratamento (Velho, 2015).

Estes resíduos acabam em sua maioria descartados de forma incorreta ou em aterros sanitários, com um elevado poder de contaminação do solo e das águas (Santos, 2003). Este lodo gerado pelas Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) apresenta possíveis aplicações de reuso nos variados setores da Engenharia Civil, como pode ser observado nos estudos realizados por Feitosa (2009), Da Silva et al (2014) e Tavares Junior (2018).

No município de Dourados (MS), a estação de tratamento ETE Guaxinim, a maior entre as cinco estações, produziu no ano de 2024 aproximadamente 50 m<sup>3</sup>/mês de lodo *in natura* a partir de três Reatores Anaeróbicos de Leito Fluidizado (RALF) (Benevides, 2024). O lodo produzido fica depositado nos leitos de secagem por um período de 7 dias antes de ser retirado para descarte, o qual é realizado por uma parceria para reuso como fertilizantes (Benevides, 2024).

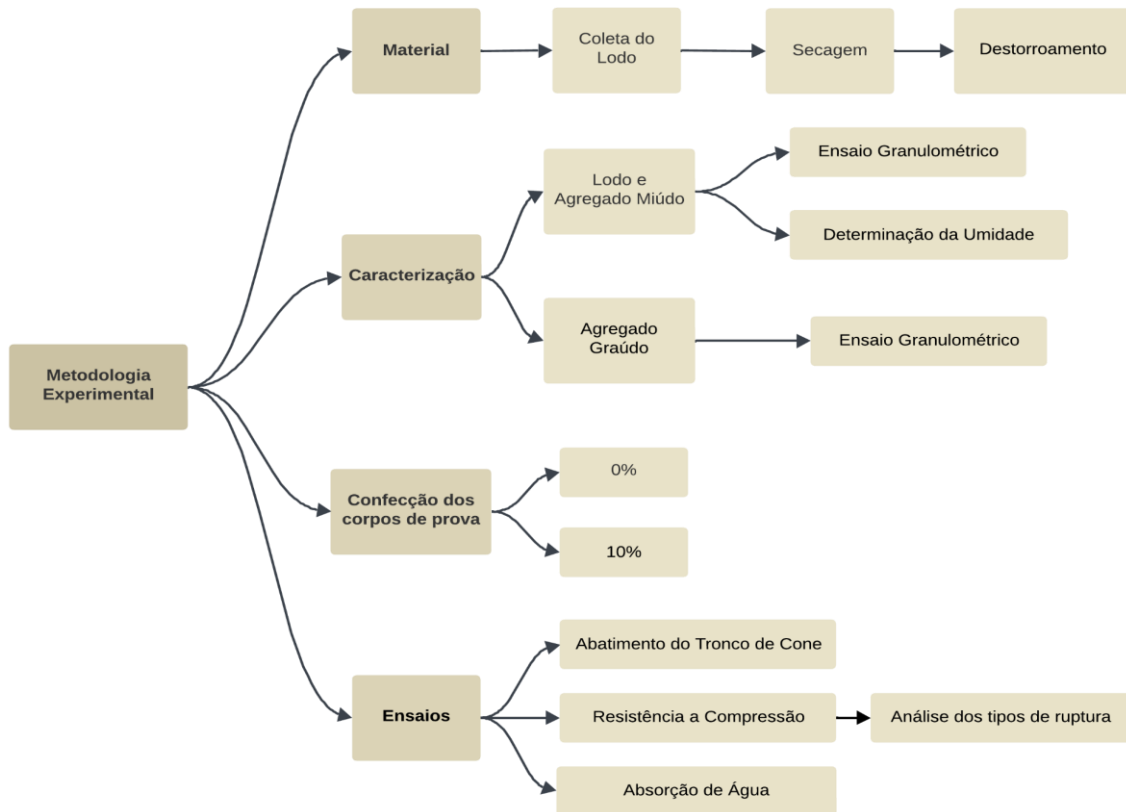
Portanto, o presente estudo tem como objetivo geral determinar a usabilidade do lodo gerado pela ETE Guaxinim, localizada na cidade de Dourados (MS), em substituição parcial ao agregado miúdo, para a produção de concretos sem fins estruturais.

Como objetivos específicos têm-se a análise dos materiais utilizados na produção dos corpos de prova (CPs), a caracterização granulométrica do material após a secagem, a determinação da absorção de água, a resistência à compressão e os tipos de ruptura dos CPs com a aplicação do lodo.

## 2 METODOLOGIA

A Figura 1 apresenta o fluxograma da metodologia utilizada para a realização dessa pesquisa, baseado na metodologia utilizada por Costa (2011) em seu estudo.

**Figura 1:** Fluxograma da metodologia experimental



Fonte: Autores, (2024)

### 2.1 COLETA E PREPARAÇÃO DO LODO PARA UTILIZAÇÃO COMO AGREGADO MIÚDO

A coleta do lodo ocorreu após permanecer no leito de secagem por um período de 7 dias. A Figura 2, apresenta os leitos de secagem da ETE Guaxinim.

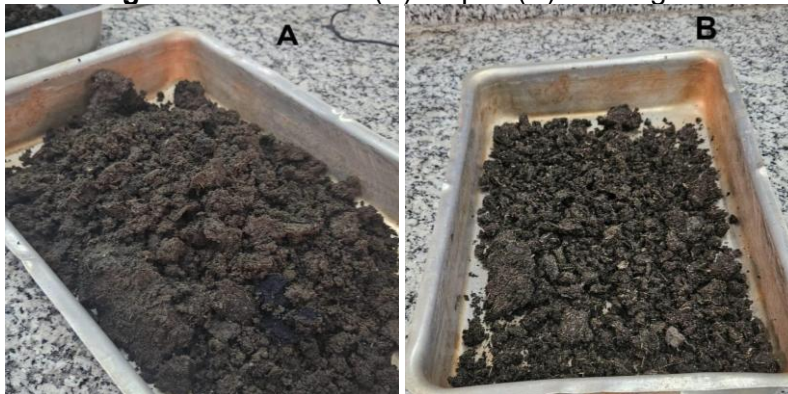
**Figura 2:** Leitos de secagem



Fonte: Autores, (2024)

Foram inseridas três amostras para secagem na estufa, que permaneceram 24 horas a 105°C. Na figura 3, apresentam-se as imagens do lodo coletado *in natura* (A) e seco (B), respectivamente.

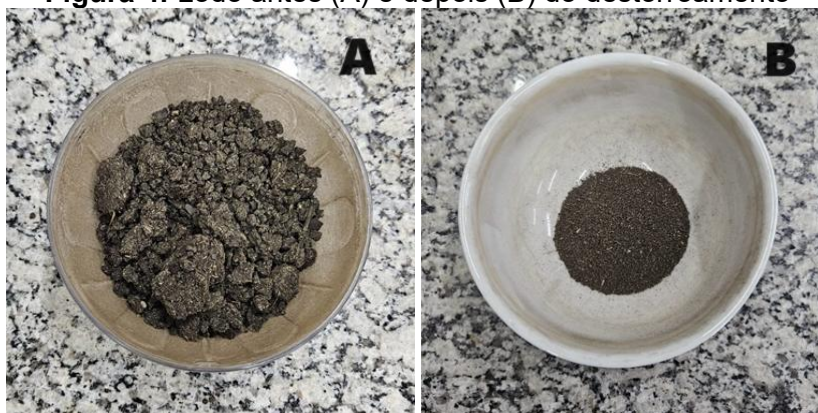
**Figura 3:** Lodo antes(A) e após (B) a secagem



Fonte: Autores, (2024)

Com o material seco foi realizado o destorroamento com o auxílio de um processador manual e de um almofariz para redução das partículas até um tamanho aceitável para realização da granulometria, como pode ser observado na Figura 4, que apresenta o material antes (A) e depois do destorroamento (B).

**Figura 4:** Lodo antes (A) e depois (B) do destorroamento



Fonte: Autores, (2024)

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Por recomendação das normativas, os ensaios foram realizados em duplicata e os resultados dos ensaios de granulometria e do teor de umidade foram calculados a partir da média dos ensaios realizados.

A obtenção do teor de umidade do lodo e ao agregado miúdo utilizados na confecção dos CPs realizou-se a partir da NBR 6.457 (ABNT, 2024).

A realização dos ensaios de granulometria para o lodo, agregados miúdos e graúdos ocorreu de acordo com a NBR 17.054 (ABNT, 2022) e a NBR 7.211 (ABNT, 2022). Para o lodo e os agregados miúdos o ensaio ocorreu com todas as peneiras da série normal iniciando com a abertura de 4,8 mm até a 0,15 mm e finalizando com o fundo. O ensaio do agregado graúdo realizou-se com as peneiras da série normal, iniciando na peneira com abertura de 19 mm até a 4,8 mm e o fundo.

### 2.3 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVAS DE CONCRETO

Para a preparação dos CPs utilizou-se o traço de 1: 2: 3 (cimento: areia: brita) com uma relação de a/c (água/cimento) de 0,65 para obtenção de uma resistência mínima de 15 MPa para concretos sem fins estruturais citado na NBR 6.118 (ABNT, 2023). O traço em questão foi determinado simulando as condições de um canteiro de obras estudado por Costa (2011).

Os CPs foram moldados nas dimensões de 100 x 200 mm (diâmetro x altura). A confecção dos CPs seguiu os procedimentos apresentados na NBR 5.738 (ABNT, 2015) para moldagem e cura de CPs de concreto, seguindo o método de adensamento manual de 2 camadas com 12 golpes cada. O cimento utilizado para confecção dos CPs foi o CP II Z 32 devido a sua resistência a sulfatos, descrito em Feitosa (2009).

Os concretos produzidos foram nomeados de concreto 1 (0% de lodo) e concreto 2 (10% de lodo em substituição na massa da areia). A quantidade produzida de CPs para cada porcentagem e seus usos estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1:** Quantidade de CPs produzidos

<b>Amostra/Ensaio</b>	<b>Resistência à Compressão 14 dias</b>	<b>Resistência à Compressão 28 dias</b>	<b>Absorção</b>	<b>Total</b>
Concreto 1	4	4	3	11
Concreto 2	4	4	3	11

Fonte: Autores, (2024)

A quantidade de material utilizado na produção dos CPs para os concretos 1 e 2 está descrita na Tabela 2.



**Tabela 2:** Quantitativo dos materiais utilizados na produção dos CPs

<b>Amostra</b>	<b>Cimento (Kg)</b>	<b>Areia (Kg)</b>	<b>Brita (Kg)</b>	<b>Água (Kg)</b>	<b>Lodo (Kg)</b>
Concreto 1	6,5	13	19,5	4,2	0,0
Concreto 2	6,5	11,7	19,5	4,2	1,3

Fonte: Autores, (2024)

## 2.4 CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO

A caracterização do concreto iniciou-se com o ensaio de abatimento do tronco de cone para a determinação da consistência do concreto fresco de ambos os concretos foi elaborado segundo a NBR 16.889 (ABNT, 2020).

A determinação da absorção de água e da massa específica seca do concreto endurecido conduziu-se a partir de uma adaptação da NBR 9.778 (ABNT, 2005), no qual realizou-se apenas a secagem e a saturação em água dos CPs. Estes foram submetidos ao ensaio, aos 14 e 28 dias, sendo utilizados os 3 exemplares em ambos os dias.

O ensaio de resistência à compressão dos CPs seguiu as especificações apresentadas pela NBR 5.739 (ABNT, 2018), realizando as quebras após 14 e 28 dias de cura. Antes de cada ensaio foram realizadas as retificações dos CPs.

As análises de ruptura dos CPs de 14 e 28 dias para os concretos 1 e 2 foram analisadas de acordo com o Anexo A da NBR 5.739 (ABNT, 2018).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Os resultados dos ensaios de umidade e granulometria estão dispostos a seguir. A Tabela 3 apresenta os resultados de ensaio de umidade das amostras do lodo.

**Tabela 3:** Resultados do ensaio de umidade do lodo

<b>Amostra</b>	<b>Massa Inicial (g)</b>	<b>Massa final (g)</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Massa de água (L)</b>	<b>Perda de água (%)</b>
1	2000	538	272	1,46	73
2	1000	282	255	0,72	72
3	2000	560	257	1,44	72

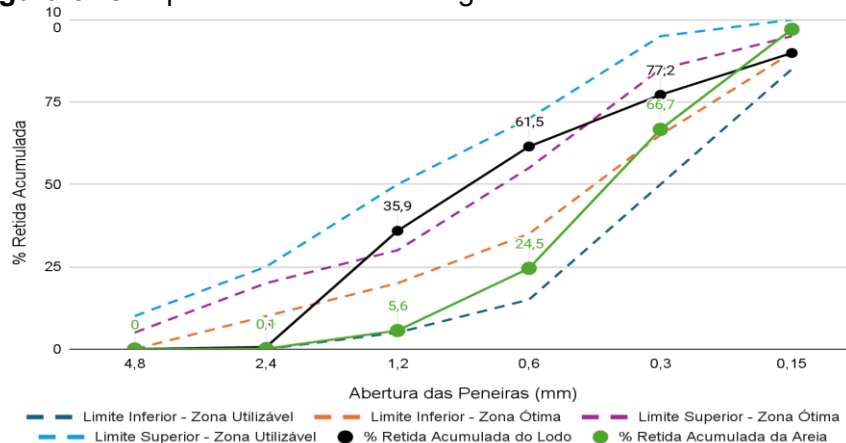
Fonte: Autores, (2024)

Lodo: Após o período de secagem de 24 horas, as amostras reduziram substancialmente sua massa e apresentaram uma umidade média de 257%, resultando em uma perda de água média de 72% em relação à massa inicial, resultando ao todo 1,4 kg dos 5 kg do lodo iniciais após secagem. Segundo Melo (2006), após a percolação do lodo este apresenta umidade aproximada de 80%. O resultado apresentado na tabela 3 apresentou valores superiores a estes, devido ao processo de secagem mais eficiente e em altas temperaturas, muito superiores à temperatura ambiente.

Areia: Após as 24 horas de permanência da areia na estufa, a mesma apresentou umidade de 0%. Portanto, não houve reduções na massa de água causadas pela presença de umidade da areia.

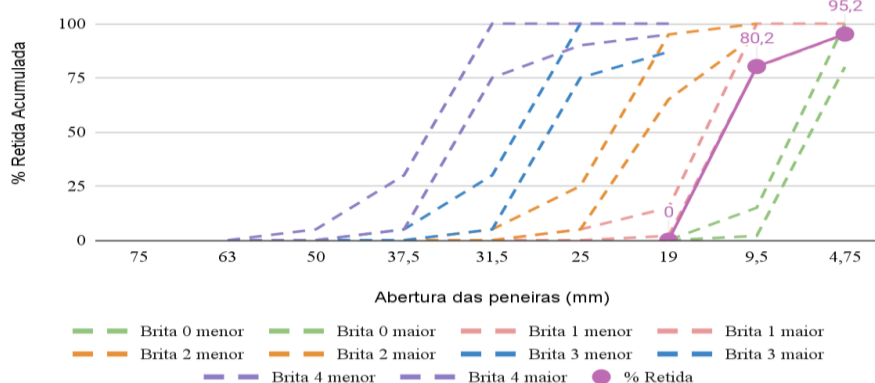
Os resultados obtidos no ensaio de granulometria estão dispostos nas Figuras 5 e Figura 6 que apresentam a curva granulométrica do lodo, areia e brita respectivamente.

**Figura 5:** Comparativo entre a curva granulométrica do lodo e da areia



Fonte: Autores, (2024)

**Figura 6:** Curva granulométrica da brita



Fonte: Autores, (2024)

Observando a Figura 5, percebe-se que a areia e o lodo estavam contidos dentro dos limites granulométricos. Na Figura 6, nota-se que a brita apresentou granulometria



entre a brita 1 menor e a brita 0 maior. De acordo com Andolfato (2002) os materiais foram classificados quanto ao módulo de finura para o lodo e o agregado miúdo e pelo diâmetro de maior porcentagem de material para a brita.

- Lodo da ETE: areia média;
- Agregado miúdo: areia muito fina;
- Agregado graúdo: brita zero.

### 3.2 CONFEÇÃO DOS CORPOS DE PROVA DE CONCRETO

Após a produção e a desforma após 24 horas os CPs foram depositados na câmara úmida no qual permaneceram até as datas dos ensaios de compressão e absorção. A Figura 7 mostra os CPs dos concretos 1 e 2 na câmara úmida.

**Figura 7:** Corpos de prova do concreto 1 (A) e do concreto 2 (B) armazenados na câmara úmida



Fonte: Autores, (2024)

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO

#### 3.3.1 Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone

O ensaio do abatimento do tronco de cone foi realizado imediatamente após a produção do concreto, e apresentou os seguintes resultados:  $170 \pm 2$  mm para o concreto 1 e  $140 \pm 2$  mm para o concreto 2, que pode ser vista na Figura 8.

**Figura 8:** Abatimento do concreto 2.



Fonte: Autores, (2024)

No abatimento já é notável as diferenças que a introdução do lodo no concreto pode gerar, pois para o mesmo fator a/c, o lodo apresentou uma consistência mais pastosa e um abatimento menor devido a sua alta absorção de água em relação ao concreto 1. Este fator ocorre devido ao lodo possuir partículas finas com maior superfície de contato do que a areia, o que gera um aumento na absorção de água, segundo Hoppen et al (2006).

Comparando com os resultados encontrados, os concretos 1 e 2 podem ser considerados moles de acordo com a classificação de Andolfato (2002), na qual apresenta como mole abatimentos entre 120 a 180 mm e não se enquadram na variação de 50 a 100 mm apresentada pela NBR 8.953 (ABNT, 2015) usada para pavimentos, diferentemente do estudo realizado por Feitosa (2009) que apresentou abatimento de 90 mm (para uma mesma relação a/c e traço semelhante).

### 3.3.2 Ensaio de Absorção de Água

Os CPs submetidos ao ensaio de absorção apresentaram os resultados contidos na Tabela 4 para 14 e 28 dias de cura respectivamente. Os valores descritos abaixo foram obtidos pela média para os 3 CPs em cada idade.

**Tabela 4:** Valores de Absorção de água e Massa Específica Seca

Ensaio	14 Dias		28 Dias	
	C1	C2	C1	C2
Absorção (%)	7,05	5,92	6,98	5,36
Massa Específica Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,45	2,01	2,46	1,98

Fonte: Autores, (2024)

Com o valor obtido para o concreto 2 aos 28 dias a absorção enquadra-se dentro da média aceita pela NBR 9.781 (ABNT, 2013), que apresenta um máximo de 6% de absorção em pavimentações.

A massa específica obtida para os concretos 1 e 2 se enquadra na categoria de concreto normal de acordo com a NBR 8.953 (ABNT, 2015). Contudo, é possível notar uma redução de 18% do concreto 1 em relação ao concreto 2, que se dá devido a massa específica do lodo ser menor em relação a areia ao qual foi substituída e também devido a sua alta capacidade de absorção de água, que acaba sendo eliminada durante o processo de cura, restando apenas os vazios no concreto.

### 3.3.3 Ensaio de Resistência à Compressão

Os resultados de resistência à compressão estão dispostos na Tabela 5 e na Figura 10, para fins de comparação entre os resultados do concreto 1 e 2.

**Tabela 5:** Valores de resistência à compressão com desvio padrão

Amostra/Dias	14 Dias		28 Dias	
	Fck $\pm$ Desvio Padrão (MPa)		Fck $\pm$ Desvio Padrão (MPa)	
Concreto 1	16,68	$\pm$ 2,10	18,19	$\pm$ 1,24
Concreto 2	4,31	$\pm$ 0,45	5,36	$\pm$ 0,45

Fonte: Autores, (2024)

A partir dos resultados obtidos, pode se constatar que o concreto 2 obteve ensaios constantes com um desvio padrão baixo para os dois dias de ensaios, contudo não atingiu a resistência mínima estabelecida de 15 MPa aos 28 dias, ficando 64% abaixo do fck mínimo estabelecido e 71% abaixo do valor atingido pelo concreto 1, este que apesar de possuir resultados com maiores desvios, atingiu a resistência esperada.

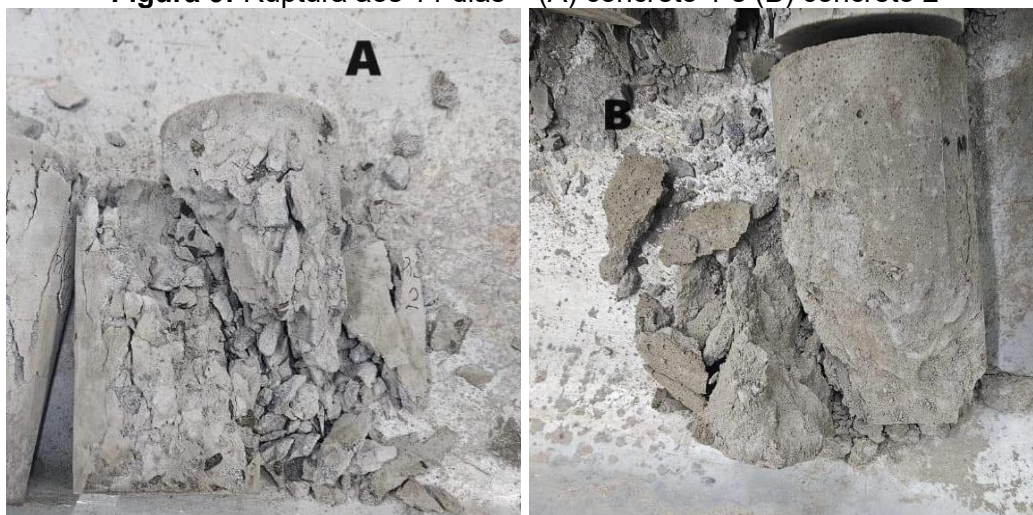
Para o uso de 10% de lodo da ETE, a/c igual a 0,65 e traço similar Feitosa (2009) obteve resultados abaixo do esperado de 12,7 MPa, entretanto apresentou um valor superior ao estabelecido no presente ensaio. Do mesmo modo, o estudo realizado por Tavares Junior (2018) para a mesma concentração de lodo e a/c de 0,45 apresentou valores inferiores a 15 MPa. Desta forma, apesar das diferentes abordagens e dosagens, a adição do lodo seco em estufa na proporção de 10% prejudica substancialmente a capacidade de resistência do concreto.

Contudo, Da Silva et al (2014) ao fazer a queima do lodo de esgoto e utilizar as cinzas obtidas, para os mesmos 10% de substituição do lodo e uma relação a/c, obteve uma resistência de 21,65 MPa. Portanto, este valor apresenta uma grande diferença entre o obtido no presente estudo devido a queima do lodo, pois a incineração do material neutraliza os agentes orgânicos e gera a densificação das partículas, reduzindo a capacidade de absorção de água (Souza et al, 2020).

### 4.3.4 Tipos de Ruptura

A Figura 9 apresenta a ruptura dos CPs para as idades de 14 dias.

**Figura 9:** Ruptura aos 14 dias – (A) concreto 1 e (B) concreto 2



Fonte: Autores, (2024)

Aos 14 dias os exemplares do concreto 1 apresentaram boa quebra e coesão entre os materiais, obtendo de forma geral rupturas do tipo E (cisalhada). Os exemplares do concreto 2 obtiveram rupturas do tipo D (cônica e cisalhada), apresentando textura e coesão diferentes do concreto 1.

A Figura 10 apresenta a ruptura dos CPs para as idades de 28 dias.

**Figura 10:** Ruptura aos 28 dias – (A) Concreto 1 e (B) Concreto 2



Fonte: Autores, (2024)

A ruptura aos 28 dias para o concreto 1 ocorreu da mesma forma com rupturas do tipo E (cisalhada), apresentaram aspectos característicos de concreto endurecido e boa coesão entre os materiais. O concreto 2 aos 28 dias da mesma forma apresentou quebras do tipo E, no qual este possuía uma elevada fragilidade com desprendimento dos materiais e com uma textura de pó fino. Tal característica já havia sido observada por Tavares Junior



(2018), que atribuiu à causa a matéria orgânica presente no lodo da ETE composto de sulfatos e ácidos, estes geram ao concreto fissuras e perda progressiva da resistência.

Desse modo, a falta de coesão observada no concreto 2 pode ter sido ocasionada devido a diferença da massa específica do lodo, sendo esta menor em relação aos outros materiais (IBAPE, 2021).

#### **4 CONCLUSÃO**

Portanto, com base nas análises realizadas, conclui-se que apesar da utilização do lodo de esgoto da ETE em concretos sem função estrutural oferecer uma solução à problemática de descarte irregular dos resíduos e contaminação do solo, a substituição da areia na porcentagem de 10% de lodo não apresentou uma aplicação viável para uso, pois não atingiu a resistência mínima estabelecida pela NBR 6.118 (2023).

Nesse sentido, as características do lodo limitam seu reuso devido às suas propriedades físicas e químicas. A presença de elevada matéria orgânica e metais pesados interfere na cura adequada do concreto através das reações químicas causadas pelos sulfatos e ácidos presentes. Sua alta absorção de água e massa específica reduzida em relação a areia causa uma fragilidade no concreto devido ao aumento dos vazios, no qual juntamente com a percolação de água deixa a amostra suscetível ao aparecimento de fissuras.

Entretanto, o resíduo apresentado, apesar de suas limitações, ainda possui elevado potencial de reuso e novos estudos devem ser realizados para complementar os resultados obtidos para o lodo da ETE em Dourados/MS.

Dessa maneira, recomenda-se a realização de novos estudos para a determinação das características físico-químicas do lodo, a verificação das taxas de riscos e potencial de contaminação dos solos.

Estudos complementares com diferentes proporções de aplicação do lodo devem ser realizados para verificar se o uso do lodo de esgoto em seu estado seco apresenta potencial para uso em estruturas de concreto.

#### **AGRADECIMENTOS**

A empresa Ambiental MS Pantanal pelo fornecimento das amostras de Lodo da ETE Guaxinim.

## REFERÊNCIAS

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. **Controle tecnológico básico do concreto**. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural. Ilha Solteira: UNESP - Universidade Estadual Paulista: 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos. Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação. Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738: Concreto. Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8953: Concreto para fins estruturais. Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739: Concreto. Ensaio de compressão de corpos cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16889: Concreto. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7211: Agregados para concreto. Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 17054: Agregados. Determinação da composição granulométrica. Método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6457: Solos. Preparação de amostras para ensaio de compactação, caracterização e determinação do teor de umidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

BENEVIDES, Aldo. **Entrevista concedida aos autores**. Dourados/MS, 2024.

COSTA, Álvaro José Calheiros. **Análise de viabilidade da utilização de lodo de ETA coagulado com Cloreto de Polialumínio (PAC) composto com areia como agregado miúdo em concreto para recomposição de calçadas**: Estudo de caso na ETA do município de Mirassol-SP. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária). Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: 2011.



Da Silva, L. C. et al. **Estudo do aproveitamento do lodo gerado na estação de tratamento de esgoto de Teófilo Otoni (mg) para aplicação na construção civil**. 58º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Teófilo Otoni: 2014.

FEITOSA, Maria Célia Alves. **Lodo de esgoto**: algumas aplicações em engenharia. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Católica de Pernambuco, Recife: 2009.

HOPPEN, Cinthya et al. **Uso de lodo de estação de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento Portland para reduzir o impacto ambiental**. Química Nova, v. 29, n. 1, p. 79-84, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000100016>

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. **Controle e tecnologia do concreto em perícias de engenharia: estudo de caso com verificação de conformidade do concreto**. IBAPE. Goiânia: 2021.

MASUERO, Angela Borges. **Desafio da Construção Civil: crescimento com sustentabilidade ambiental**. Matéria (rio De Janeiro), 26(4). 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210004.13123>

MELO, Amilton Sales de. **Contribuição para o dimensionamento de leitos de secagem de lodo**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Campina Grande: 2006.

SANTOS, Ailton Dias dos. **Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da região metropolitana de São Paulo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo: 2003.

SOUZA, Maelson Mendonça et al. **Uso do lodo de esgoto na produção de agregados leves: uma revisão sistemática de literatura**. Revista Matéria, v.25, n.1, 2020.

TAVARES JUNIOR, Edigleite Alves. **Reaproveitamento de lodo de estação de tratamento de esgoto como substituto parcial agregado miúdo em concreto convencional**. 2018 Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas/Universidade Luterana do Brasil, Palmas: 2018.

VELHO, Viviane Furtado. **Estudo da minimização da produção de lodo em sistemas de lodos ativados para esgotos sanitários**. 2015.Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: 2015.